



TITLE:

爆薬を用いた体外衝撃波結石破碎法の臨床経験

AUTHOR(S):

本田, 幹彦; 前田, 節夫; 高崎, 悦司

CITATION:

本田, 幹彦 ...[et al]. 爆薬を用いた体外衝撃波結石破碎法の臨床経験. 泌尿器科紀要 1989, 35(3): 385-392

ISSUE DATE:

1989-03

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/116480>

RIGHT:

爆薬を用いた体外衝撃波結石破碎法の臨床経験

獨協医科大学泌尿器科学教室 (主任 : 高崎悦司教授)

本田 幹彦, 前田 節夫, 高崎 悦司

CLINICAL APPLICATION OF EXTRACORPOREAL MICROEXPLOSIVE LITHOTRIPSY

Mikihiko HONDA, Setsuo MAEDA and Etsuji TAKASAKI

From the Department of Urology, Dokkyo University School of Medicine

A total of 46 cases underwent 66 treatments with extracorporeal microexplosive lithotripsy (EML) for upper urinary tract calculi between March 10, 1987 and May 28, 1987. The efficacy of EML therapy was investigated in all cases over 3 months. The lithotripter of EML made by the Yachiyoda Co. Ltd (SZ-1) was adapted to a microexplosion (10 mg silver azide) as the source of energy for underwater shock wave generation.

Fifteen cases (32.6%) had a history of previous open lithotomy of the same upper urinary tract as being treated by EML. Pre-treatments with ureteral catheters and ureteral stents were performed in 4 and 4 cases (8.7% and 8.7%), respectively. The microexplosions were conducted in synchronization with patient exhalation from 100 to 400 times during 1 session, depending upon the size of the stone. The patients felt pressure only on their back at the pulse of explosion and complained occasionally a dull pain, but this pain was mild and tolerable, and no patients required anesthesia. When stone disintegration was judged to be unsatisfactory, that is the stone remained unfragmented or the size of the residual stone fragments was greater than 5 mm., an additional session was performed, usually 1 week after the previous session. On the X-ray film obtained three months after EML treatment, 26 cases (57%) were completely free from stone concerns, 17 cases (37%) had stone fragments of equal to or less than 5 mm and 3 cases (6%) had ones of greater than 5 mm. Two of 3 cases (6%), with large stone fragments (greater than 5 mm.), unexpected to pass spontaneously, were diverticular stone cases. Treatment of EML alone was performed in 44 cases (96%), while 2 cases (4%) required transurethral stone manipulation following EML. Gross hematuria was seen in all cases after lithotripsy, but disappeared within 3 days. No complications occurred during EML. All complications occurred after EML treatment, probably the most caused by the stone street formations.

In conclusion, the main advantage is that it can be performed without anesthesia. The results of EML treatment are satisfactory and no severe complications have been experienced. We believe that this EML system can be used on an outpatient clinic basis because anesthesia is not required.

(Acta Urol. Jpn. 35: 385-392, 1989)

Key words: Urolithiasis, ESWL, Microexplosion

緒 言

体外衝撃波結石破碎法 (extracorporeal shock wave lithotripsy: 以下 ESWL と略記) は, 1972 年より西ドイツの Dornier 社で開発され, 1980 年の Chaussy らの臨床応用以来, 世界的に受け入れられた¹⁻³⁾. 本邦でも, 1984 年 9 月 1 日より臨床治験が開始されて以来, 多くの施設で導入が進み, 良好なる成

績を上げている^{4,5)}. 一方, 本邦においても, このような電氣的衝撃波の代わりに爆薬を用いて衝撃波を発生させる方法 (extracorporeal microexplosive lithotripsy: 以下 EML と略記) が, 東北大学にて開発され, 1985 年から臨床応用されている⁸⁻¹⁰⁾. 当院においても, 本装置による治療を経験したので, 術後 3 カ月での臨床的検討を中心に報告する.

対 象

1987年3月10日より5月28日までの46症例に66回の EML を施行した。年齢は15歳より68歳までで、平均42.5歳であった (Table 1)。結石部位では腎杯結石10例、尿管結石5例、部分鑄型結石4例、完全鑄型結石4例であり、このうち15例が多発結石であった (Table 2)。結石の大きさは、長径と短径を足して2で割った数字で比較すると、10 mm 以上 20 mm 未満の大きさの結石が26例と最も多く、しかもこのうち14例は腎杯結石であった (Table 3)。その他、今までに尿路結石の手術の既往を有するものが15例 (32.6%)、結石の自然排石の既往を有するものが17例 (37%) であった。

方 法

EML の原理および機械装置については、すでに文献で詳細に報告されているので参照されたい。⁸⁻¹⁰⁾ 原則として入院とし、治療前までに KUB, IVP 撮影 (治療前1カ月以内とした) を行い、その他、尿一般・尿培養・血液一般・血液化学・便潜血反応などの検査も行った。さらに、結石の位置を決める際、結石までの高さをあらかじめ椅子の高さで調節し、素早く設定できるように椅子よりの高さをマークしたスケール

Table 1. Age and sex distribution

Age	Male	Female	Total
15~	0	1	1
20~	9	2	11
30~	3	2	5
40~	11	2	13
50~	4	6	10
60~	0	6	6
Total	27	19	46

Table 2. Case numbers of stone sites

Stone sites	Right	Left	Total
Calyx	11 (5)	12 (6)	23 (11)
Pelvis	6 (3)	4 (1)	10 (4)
Ureter	2 (0)	3 (0)	5 (0)
Staghorn (Incomplete)	1 (0)	3 (0)	4 (0)
Staghorn (Complete)	3 (0)	1 (0)	4 (0)
Total	23 (8)	23 (7)	46 (15)

(): Case numbers of multiple stone

Table 3. Case numbers of stone sites and stone sizes

Site Size	Calyx	Pelvis	Ureter	Staghorn	Total
<10mm	6	1	1	0	8
<20mm	14	8	4	0	26
<30mm	1	1	0	0	2
<40mm	2	0	0	2	4
≥40mm	0	0	0	6	6
Total	23	10	5	8	46

Table 4. Case numbers of sessions, average of shots and stone sites

Stone sites	Sessions				Average of shots
	1	2	3	4	
Calyx	19	4	0	0	244
Pelvis	8	2	0	0	258
Ureter	2	3	0	0	351
Staghorn	1	4	2	1	617
Total	30	13	2	1	
Average of shots	206	459	682	1350	225

を患者背部に置き座位での KUB を撮影した。治療当日は、朝より絶食とし、治療20~30分前に硫酸アトロピン 0.5 mg および塩酸ヒロドキシジン 25 mg あるいは 50 mg を筋注した。また、多くの例でインドメサシン坐薬も併用した。EML 施行時は心電図モニターおよび自動血圧計にて他覚的に観察も行った。治療終了直後より、飲水・食事の許可をしたが結石排泄を促すためマニトールの点滴も行った。その後、定期的にX線検査をはじめ、尿・血液・便などの治療前に行った検査を施行し異常がないかを確認し、レントゲン写真上破砕不十分な時は通常その1週間後に追加 session を行いさらに経過観察を行った。

結 果

今回46症例に66回の EML を施行し、1 session 当たり shock wave は平均225 shots で、1症例当りでは平均 323 shots となり、最高は4回の EML を施行し 1,350 shots であった。また、結石部位と session 数および shot 数を比較すると、腎杯結石の82.6%は、1 session の EML でレントゲン写真上破砕が十分と判断されており、腎杯結石全体では平均 244 shots となり、反対に鑄型結石では2~4 sessions と繰り返し EML を追加しておりその shot 数も平均617 shots と多くなっている (Table 4)。結石の大きさと session 数および shot 数を比較すると、10 mm 未満の結石では全 て 1 session で破砕十分と判

Table 5. Case numbers of sessions, average of shots and size of stones

Size of stones	Sessions				Average of shots
	1	2	3	4	
<10mm	8	0	0	0	216
<20mm	19	7	0	0	258
<30mm	1	1	0	0	365
<40mm	2	2	0	0	372
≥40mm	0	3	2	1	702
Average of shots	206	459	682	1350	225

断され, その shot 数も平均 216 shots となっているが, 10 mm 以上 20 mm 未満のもっとも多い大きさの結石に関しては, 27%が 2 sessions 行うことになったが, その shot 数は平均 258 shots であった. 1 session のみで十分に破砕できた結石の大きさの最大は, 30 mm 以上 40 mm 未満の範囲の結石で 2 症例あり, 2 例とも 300 shots であった (Table 5). 治療時間は 1 session あたり最小時間は 22 分, 最大 100 分で, 平均 49 分であった. また 1 症例あたりでは最小 22 分最大 328 分で平均 71 分となった. この間の X 線被曝時間は通常 120 秒前後であった. なお, 治療に際し尿管カテーテル操作を併用したのが 4 症例 (8.7%), 尿管ステントを留置したのが 4 症例 (8.7%) で, 治療前に何も併用処置を行わず EML 単独で行ったものが 38 症例 (82.6%) であった. さらに破砕後 stone street に対して経尿道的処置を併用したのが 2 例 (4.3%) あったが, その他 44 例 (95.7%) は, 破砕後何ら, 補助療法を行わなかった.

つぎに, 臨床結果を治療経過より比較し Fig. 1 に

示す. 1 週間後でレントゲン写真上まったく残石がなく, 完全排石されたのが 11 例 (24%) であったが, 残石はあるものの 5 mm 以下で自然排石を期待した 32 例 (70%) は 1 カ月後, 3 カ月後と自然排石され, 3 カ月後では 26 例 (57%) がレントゲン写真上完全排石された. また, 排石が期待できなかった 3 例 (6%) のうち, 2 例は腎杯憩室結石であった. 3 カ月後での臨床結果を結石部位から比較すると Fig. 2 のようになった. 腎杯結石の 23 例 (うち多発結石が 11 例) と尿管結石の 5 例と, 症例数にかなり開きがあるが, 腎杯結石で多発性の症例ではレントゲン写真上まったく残石がなく完全排石される傾向は少ない (3 例). 一方, 腎盂結石では, レントゲン写真上全く残石がなく完全排石される率は高く (80%), しかも腎盂結石では多発結石でも 4 例のうち 3 例が完全排石された. 結石の大きさと治療 3 カ月後の結果の比較を Fig. 3 に示す. それぞれの大きさによる症例数の開きがあるが, 一般に, 結石の大きさが大きいほどレントゲン写真上まったく残石がなく完全排石される率が低い傾向はある. つぎに, 結石成分の判明した 38 例と臨床結果を比較し Fig. 4 に示す. 症例数は少ないが磷酸マグネシウム・アンモニウム結石では, 自然排石が期待できたものの残石が多く, レントゲン写真上完全排石は難しいようである.

合併症としては全症例に血尿が認められたが, その後処置を必要とする症例はなく 2~3 日で自然消失するため合併症として含めなかった. Table 6 に示すごとく全体として 10 例 (21.7%), そのうち 38°C 以上の発熱 6 症例 (13.0%), さらに発熱と鎮痛剤を必要とした痙攣が認められたのが 2 症例 (4.3%), 痙

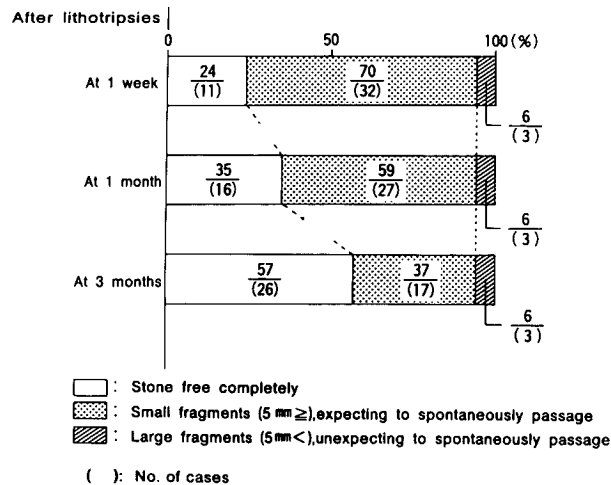


Fig. 1. Clinical course and results after lithotripsies

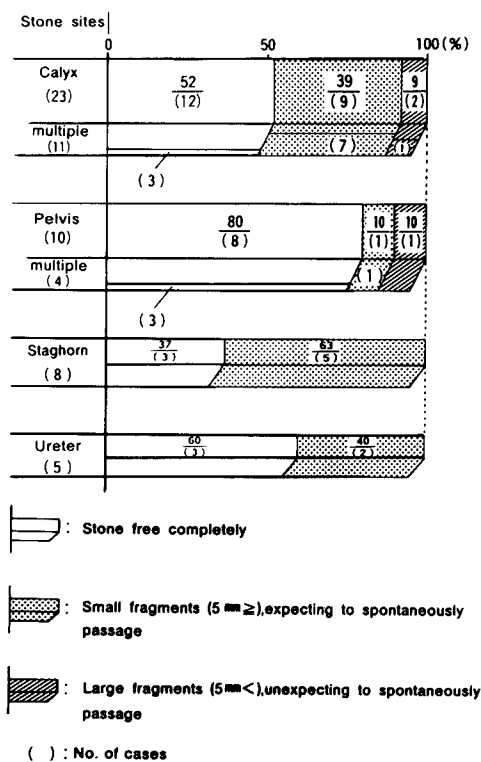


Fig. 2. Initial stones and results of lithotripsies at 3 months after EML

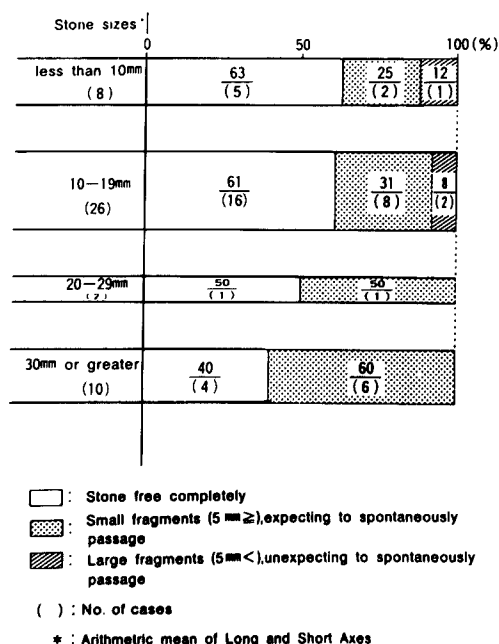


Fig. 3. Initial stone sizes and results of lithotripsies at 3 months after EML

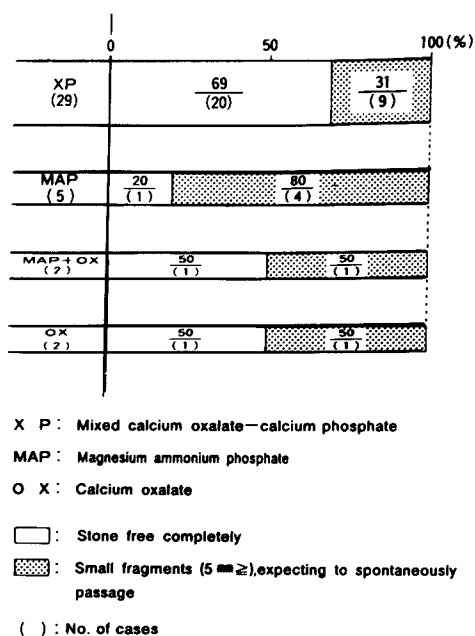


Fig. 4. Stone compositions (38 cases) and results of lithotripsies at 3 months after EML

Table 6. Complications of EML in 46 cases

Fever(>38°C)	6 cases (13.0%)
Fever+Colic pain	2 cases (4.3%)
Colic pain	1 case (2.2%)
Reopening of nephrostomy scar	1 case (2.2%)

痛のみ、旧腎瘻の哆開（但し、その後自然に閉鎖）がそれぞれ1症例（2.2%）に認められた。

考 察

体外衝撃波破砕法（ESWL）は侵襲の少ない方法であることが大きな特徴であるが、その臨床成績についても多くの良好な報告がなされ臨床的な効果にも疑問のないところである⁴⁻⁷⁾。最近の報告では99%の結石がESWLによって破砕可能であるとか、結石成分を問わず破砕可能とも言われている⁸⁾。さらに、臨床成績についてもESWLの成功率は75%~90%との報告が多い⁴⁻⁷⁾。今回われわれの経験した爆薬を用いた体外衝撃波破砕法においても、すでに同様の治療成績が東北大学にて報告されている¹⁰⁾。われわれの治療後3カ月での治療成績についても、残石はあるが5mm以下で自然排石が期待できるものに含めた17例中9例は、1mm程度で残石としても明らかな大きさではない症例のため、これらを考慮すれば症例数は少ないが十分満足いく結果と思われる。

Table 7. Characteristics of microexplosive ESWL

Characteristics	
• Energy Source :	Microexplosion (10mg silver azide)
• Focus :	X-rays
• Target :	Moving the chair by computer controle
• Coupling :	Water bath
• Patient's Position :	Sitting
• Anesthesia :	Not required
• Clinical Results :	Satisfactory (almost equivalent to conventional ESWL)
• Complications :	Not severe (almost compatible with conventional ESWL)
• Cost of Construction :	Not expensive

爆薬を用いた体外衝撃波砕石法の特色についてまとめてみると Table 7 のごとくなる。エネルギー源に爆薬を用いて衝撃波を発生させることに関してはその取扱が問題となるが、実際の治療上、爆薬を用いることによる障害はなく、正しい管理、取扱を行えば危険も少ないと思われる。今後は、医療用爆薬として取扱が簡便化されることが望まれる。つぎに、結石の位置合わせをするにはまず、温水槽内の椅子に座らせ固定するため、温水槽内に入れない患者ではもちろん不可能と思われる。実際にはそのような症例はなかったが、身長 154 cm、体重 82 kg、腹囲 97 cm の 50 歳女性の症例で、結石の位置合わせに苦勞し、結局背中がリフレクターに密着した状態で辛うじて位置合わせと起爆を行ったが、何ら危険もなく破碎しえた。その他、一般的に位置合わせは結石の高さをあらかじめ座位での KUB で測定しているため、椅子を三軸性に電動移動させ C アーム X 線テレビで位置合わせを行うが、それほど困難ではない。勿論慣れれば容易で短時間にできる。X 線テレビでモニタリングするため、結石成分、体格によっては 5mm 以下では結石を見つけづらいことはある。微小爆薬を用いることの他にこの装置の特徴的なことは、患者を椅子に座らせることと思われる。このことは患者にとって水槽内では臥位よりも安心感が持てるようである。一方、われわれに取っては苦勞する例にぶつかることがある。Fig. 5 はその例である。

A の写真が通常の KUB、B の写真が同一症例での座位での KUB である。左端に結石の高さを決めるスケールが写っている。このように臥位より座位になると腎臓が下がることにより腸骨稜以下に隠れてしまう。実際この症例では、腹帯による腎の挙上を試みて 1 session、350 shots 行ったが、腹帯による衝撃波の妨害のため全く破碎されていなかった。よって、Fig. 6 のごとく下腹部よりレントゲン透過性の球状の物を当て腎を腸骨稜より上に押し上げて固定した状態にすることにより破碎が可能となった。反対に肺に

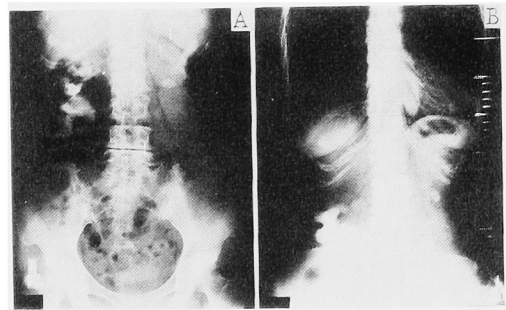


Fig. 5. (A) KUB (B) Plain film with lead markers were attached to the patient's back in the sitting position.

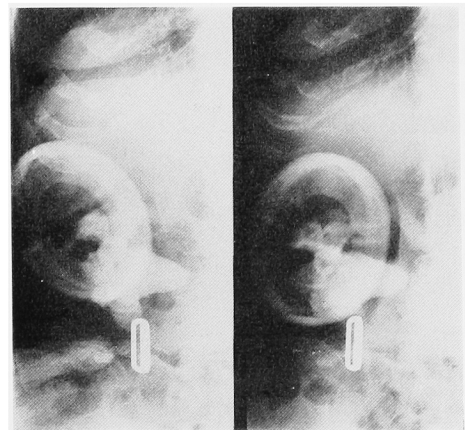


Fig. 6. Pushed up kidney with radiolucent ball

関しては衝撃波による障害が動物実験にて報告されているが²⁾、座位により腎が下がり呼吸時に一致して爆発させるため、たとえ上腎杯でもポリエチレンフォームを胸部に巻き十分肺を保護したため安全に行えた。このようにして、稀に装置の構造上苦勞する症例に遭遇することがあるが、一般的には位置合わせは容易であるため X 線被曝時間も通常 120 秒前後と他の施設の報告と同程度であった⁷⁾。実際には X 線透視は位置合

わせにかかる時間がほとんどであり、治療中は20~30 shots に1回程度結石のずれがないか、また破砕状態の確認に使用するのみであるため操作に慣れれば被曝時間もさらに短縮できるものと思われる。さらに、全体としての治療時間も1 session あたり平均49分であったが、これも当初プラグの破損のため、交換を何回となく行うことが多く、これに要した時間を考慮するともっと短時間で治療を終えることも可能であると思われる。実際プラグの補強が成された後は破損はほとんどなくスムーズに治療が進行した。その他、この装置は他の装置と比べるとスマートさはないものの装置のトラブルはなく、構造も判り易いものであると思う。たとえ、故障があったとしても安全装置が働くのは勿論、国産唯一の装置として、国内での maintenance も確保されている。さらに、もう一つの大きな特徴となるとと思われることに、無麻酔にて治療が行われたことである。ときに患者は背中を手で叩かれるような感覚を訴えるが、無麻酔で治療を支障なく継続することができた。このことは、温水槽内に座位で固定する方法であるため無麻酔はより安全性を高めたといえる。

つぎに臨床成績に関しては最近、成功率を高めるには PNL と ESWL の併用療法が必要との報告がある¹¹⁻¹²⁾ われわれの結果は、術前に何らかの処置を必要としたのが8例(17.4%)であるが、これは尿管結石に対する尿管カテーテル操作4例と、大結石に対する尿管ステント4例であり、術後も何らかの併用療法が必要となったものは2例(4.3%)で、いずれも経尿道的処置で簡単なものであった。十分に

破砕されても、わずかに残る結石に対し、再形成防止のために除去が必要か否か、今後検討を要する。ESWL の長期経過観察が完全にできていない現在、将来腎に障害を残す可能性も否定できないため、PNL 等で腎にさらにわずかな侵襲といえども、むやみに完全排石だけを目的とした併用処置は避けたいと考える。

つぎに合併症であるが、幸い重篤な合併症は経験しなかったが、術後に高血圧、心筋梗塞、肺梗塞などをおこし死亡したとの報告もある^{7,13)}。よって、合併症の有無は、安全性・有用性を評価するのに重要である。今回、10症例を合併症と判断したが、すべて stone street が原因であると思われる。1例旧腎瘻の哆開を起こした症例があった。この症例は約半年前に左完全鑄型結石にて PNL を施行したが残石が問題となったため、EML を 278 shots, 1 session 施行した。完全破砕されたため経過を観たところ、翌日より stone street を形成し、3日目より発熱が出現、10日目に左背部の痛みを訴えたため腎エコーを施行したところ左水腎症より続く腎外への hypoechoic region あり、11日目には PNL を行った手術痕より尿の漏出が認められた。経尿道的に stone street を摘出したところ、その後哆開した腎瘻部より尿の漏れも無くなり自然治癒した。この様に約半年前の旧腎瘻を哆開する程の stone street による尿路内圧の上昇には注意をはらい、また stone street への対策、処置も適切に行わなくてはならないと思う。このことにより、特に術後の合併症に対しては、endourology に熟練した泌尿器科医の適切な判断や処置が必要となることが十分

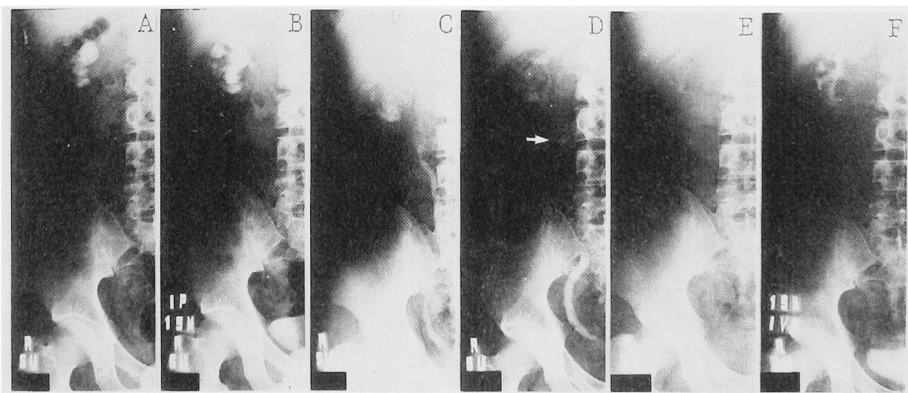


Fig. 7. An example of an incomplete staghorn calculi treated by EML. (A) plain film (KUB) before treatment. (B) Excretory urogram (IVP) before treatment. (C) Three days after EML (one session of 300 microexplosions). Stone street formations markedly. (D) Two weeks after EML. Arrow point to stone disintegration was judged to be unsatisfactory. Then, an additional session (201 microexplosions) was performed on this stone. (E) Plain film, one month after initial EML. (F) Excretory urogram, one month after initial EML.

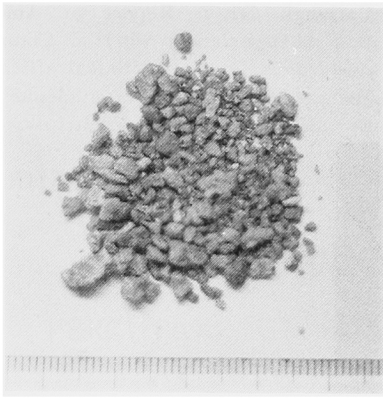


Fig. 8. Disintegrated stone of spontaneously passed stone fragments

考えられる。よって ESWL は、このようなスタッフの中でより安全・容易に行える endourology の進歩を期待するものである。

最後に一症例を供覧する。(Fig. 7,8)

25歳男性, 6年前より右腎結石を指摘されていた症例で, 長径 52 mm, 短径 23 mm の部分鋳型結石である。Fig. 7 の (A) が術前の IVP 前 KUB, (B) が IVP 15分像。まず, 300 shots 行いその3日後の KUB が (C) である。stone street は著明であったが, なんら症状および合併症もなく, (D) の2週間後の KUB でも, stone street の形成があり, また自然排石の量も少なくなったため, 矢印の結石が原因で排石も期待できないと判断し, 同部位に 201 shots 衝撃波を追加した。(E) は1ヵ月後の IVP 前 KUB, (F) は IVP 15分像で, 残石なく水腎症も軽減している。合計 501 shots, 2 sessions にて体外衝撃波破碎法単独で, 合併症なく完全排石された症例であった。なお, 結石成分は蔞酸カルシウム・蔞酸カルシウムの混合結石であった (Fig. 8)。

結 語

1987年3月10日より5月28日までに46症例, 66回の EML を施行したのでその治療成績より臨床的検討を行った。この結果 EML は1) 無麻酔でできる非観血的手術である。2) 再手術例や外科的手術で問題のある全身疾患を有する人でも可能なことが多い。3) 特に術前・術後の併用処置を必要としないため外来でも治療が受けられると考える。今後は, 合併症の対策は勿論, 長期にわたり腎機能への影響などを検討することも怠ってはならないと思われる。

最後に治験を実施するにあたり, EML の技術指導をしていただいた, 折笠精一教授, 桑原正明助教授をはじめとする

東北大学泌尿器科学教室の関係者各位のご協力を頂きましたことを, ここに厚く感謝いたします。

文 献

- 1) Chaussy Ch, Brendel W and Bchmiedt S : Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. *Lancet* II : 1265-1268, 1980
- 2) Chaussy Ch : Extracorporeal shock wave lithotripsy : new aspects in the treatment of kidney stone disease. Karger, 1982
- 3) Chaussy Ch, Schmiedt E, Jocham D, Brendal W, Forssmann B and Walther V First clinical experience with extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. *J Urol* 127: 417-420, 1982
- 4) 新島端夫, 岩動孝一郎, 梅田 隆, 岸 洋一, 東原英二, 赤座英之, 富永登志, 藤目 真, 原 徹, 木村 明, 平野美和, 鈴木 明, 平澤 潔, 吉田雅彦, 徳田 拓, 柴本賢透 : ESWL (Extracorporeal Shock Wave Lithotripter) の臨床経験。日泌尿会誌 76: 1460-1467, 1985
- 5) 丹田 均, 加藤修爾, 坂 文敏, 大西茂樹, 中嶋久雄, 熊本悦明 : 体外衝撃波による腎・尿管結石破碎術の臨床経験。日泌尿会誌 76: 1770-1783, 1985
- 6) Lingeman JE, Newman D, Mertz JHO, Mosbaugh PG, Steel RE, Kahnoski RJ, Coury TA, and Woods JR : Extracorporeal shock wave lithotripsy : the Methodist hospital of Indiana experience. *J Urol* 135: 1134-1137, 1986
- 7) Drach GW, Coordinator S, Dretler S, Fair W, Finlayson B, Gillenwater J, Griffith D, Lingeman J and Newman D : Report of the United States cooperative study of extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 135: 1127-1133, 1986
- 8) 桑原正明, 黒須清一, 神部広一, 景山鎮一, 折笠精一, 高山和喜 : 水中衝撃波のフォーカシングに関する研究 : 体外からの腎・尿管結石破碎を目的として。日泌尿学会誌 76: 174-182, 1985
- 9) Kuwahara M, Kambe K, Kurosu S, Orikasa S and Takayama K : Extracorporeal stone disintegration using chemical explosive pellets as an energy source of underwater shock wave. *J Urol* 135: 814-817, 1986
- 10) Kuwahara M, Kambe K, Kurosu S, Kageyama S, Ioritani N, Orikasa S and Takayama K : Clinical application of extracorporeal shock wave lithotripsy using microexplosions. *J Urol* 137: 837-840, 1987
- 11) Kahnoski RJ, Hertle L, Graff J Funke PJ and Senge T : Combined percutaneous and extracorporeal shock wave lithotripsy for staghorn calculi : an alternative to anatomo-

- phic nephrolithotomy. J Urol **135**: 679-681, 1986
- 12) Shulze H, Lingeman JE, Coury TA, Steel RE and Mosbaugh Combined treatment of branched calculi by percutaneous nephrolithotomy and extracorporeal shock wave lithotripsy. J Urol **135**: 1138-1141, 1986
- 13) McCullough DL Report of American Urological Association Ad Hoc Committee to study the safety and clinical efficacy of current technology of percutaneous lithotripsy and non-invasive lithotripsy. May 19, 1986

(1988年4月14日受付)